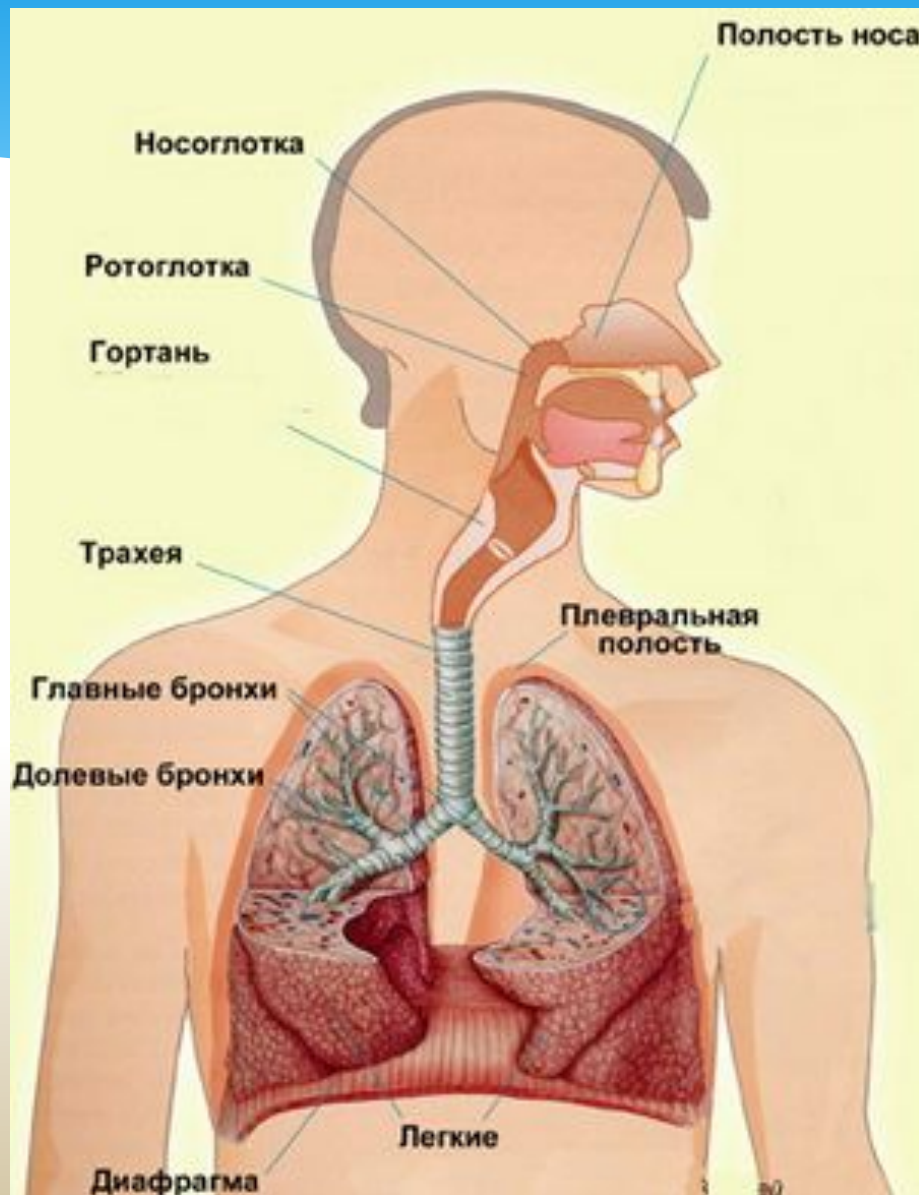
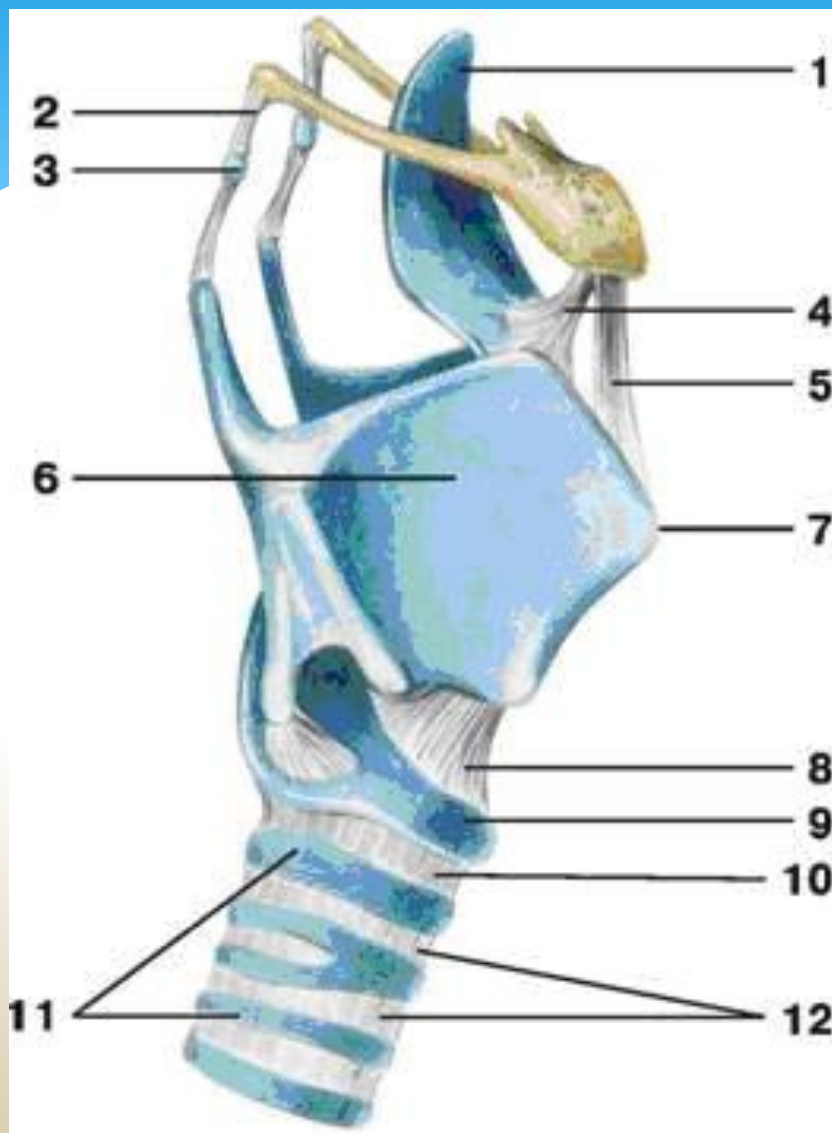


Дыхательная система. ДЫХАНИЕ

ОБЩИЙ ПЛАН СТРОЕНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ



ГОРТАНЬ



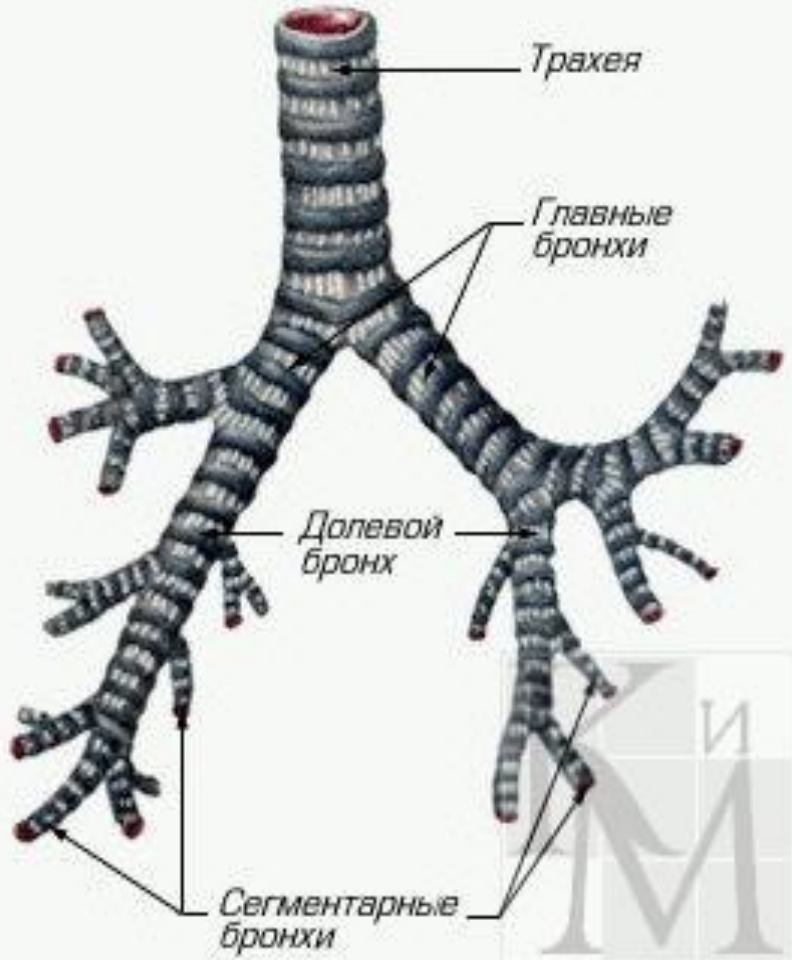
Хрящи гортани:

три непарных (надгортанный-1, щитовидный-2, перстневидный-9) и **три парных** (черпаловидные, клиновидные, рожковидные);
суставы, связки и поперечнополосатые мышцы.

Функции гортани

участвует в проведении воздуха и образовании звука, так как на боковых её стенках расположены голосовые связки.

ТРАХЕЯ И БРОНХИ

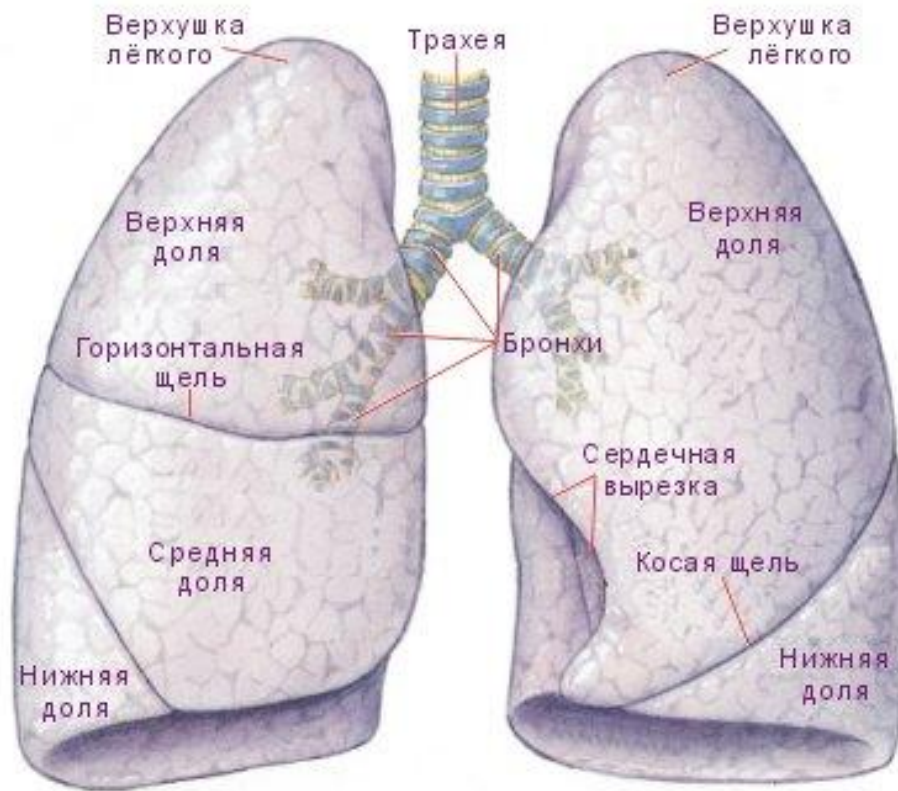


Трахея состоит из 16-20 полуколец, состоящих из гиалиновых хрящей, сзади соединенных фиброзно-мышечной пластинкой.

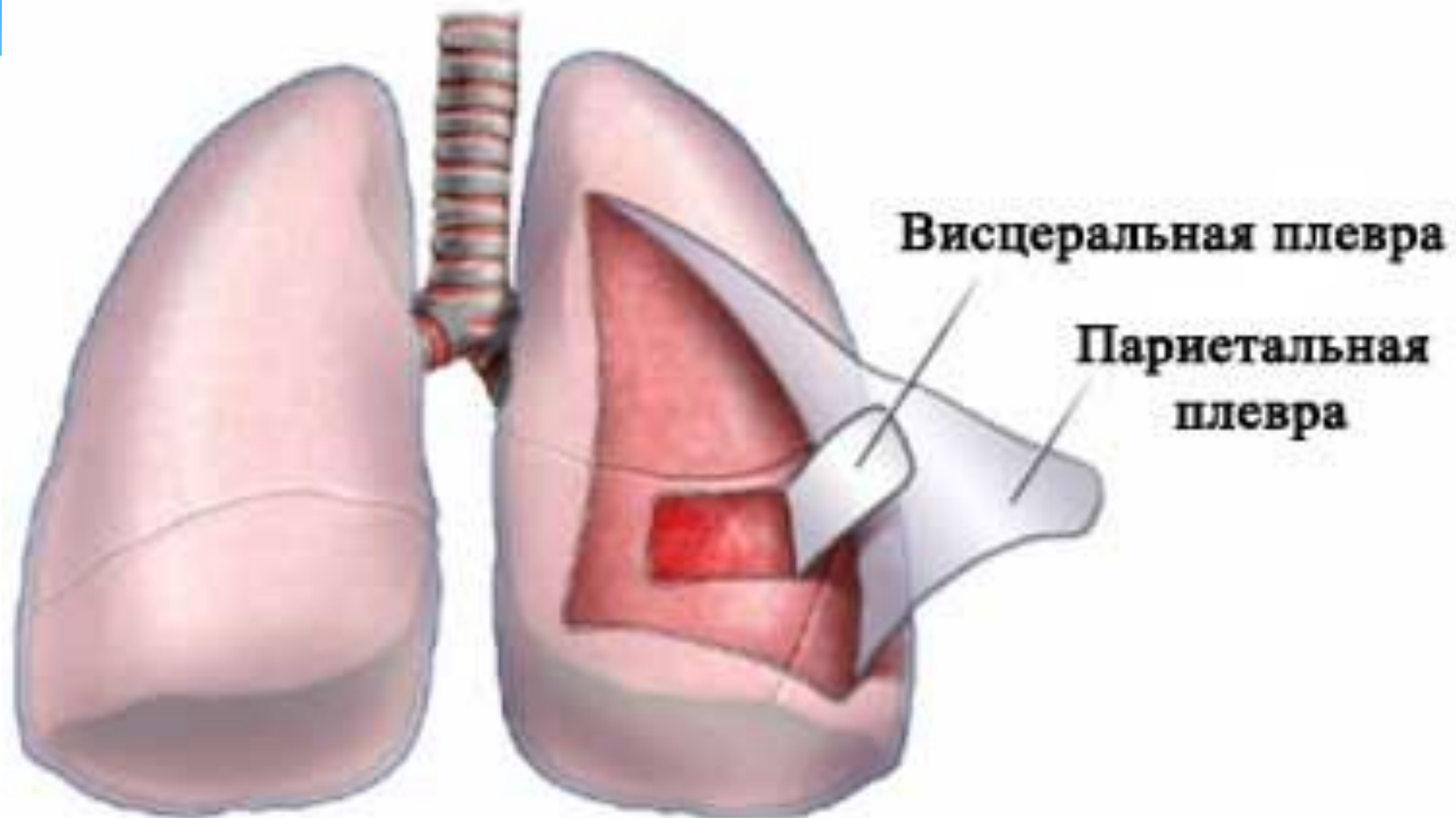
Бронхи. На уровне IV-V грудных позвонков трахея делится на 2 главных бронха, которые входят в лёгкие и ветвятся, образуя бронхиальное дерево, включающее долевые, сегментарные, дольковые, концевые и дыхательные (респираторные) бронхиолы.

Стенка главных бронхов состоит из хрящевых полуколец, долевые и сегментарные бронхи состоят из хрящевых колец. В дольковых бронхиолах хрящи постепенно исчезают, а в **концевых и дыхательных** бронхиолах хрящей нет.

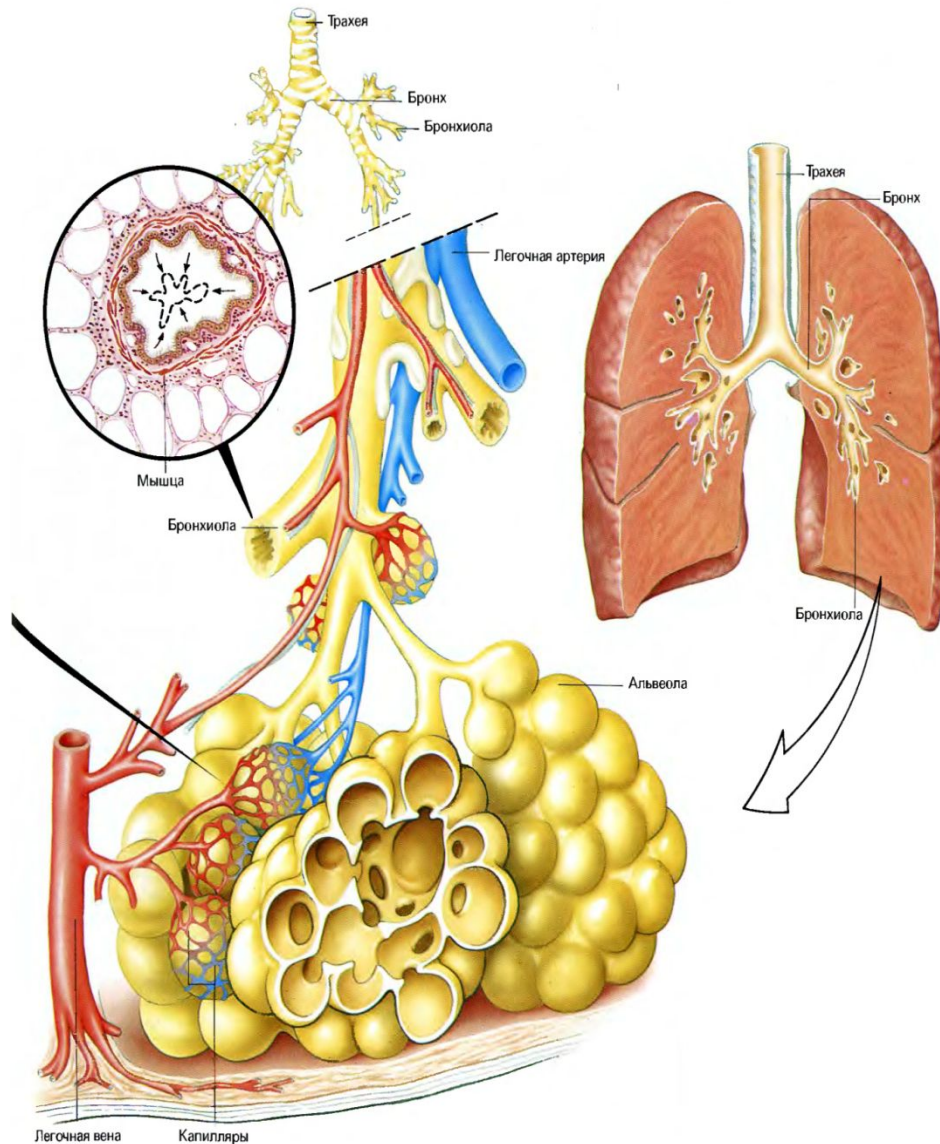
ЛЕГКИЕ



ПЛЕВРА



ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЕДИНИЦА ЛЕГКИХ



В каждую долю легкого входит дольковая бронхиола, которая делится на 3-7 концевых бронхиол.

Функциональная единица лёгкого - **ацинус**.

Он включает одну концевую бронхиолу, которая делится на дыхательные бронхиолы разных порядков, альвеолярные ходы, альвеолы и мешочки.

В одном лёгком 300-350 млн. альвеол. Общая поверхность альвеол двух лёгких при вдохе составляет 80-120 м². Каждая альвеола окружена капиллярами малого круга кровообращения.

АЛЬВЕОЛЫ. СУРФАКТАНТ

- * Стенка альвеолы состоит из 1 слоя эпителиальных клеток, расположенных на базальной мембране. В альвеолах два вида клеток: одни участвуют в газообмене, другие вырабатывают на внутреннюю поверхность альвеол сурфактант.
- * **Состав сурфактанта:** белки, полисахариды, фосфолипиды и др.
- * **Функции сурфактанта:**
 - * 1) поддерживает поверхностное натяжение альвеолы, ее способность к раздуванию при вдохе и противодействует спадению при выдохе;
 - * 2) предотвращает слипание (ателектаз) альвеол;
 - * 3) важен при первом вдохе новорождённого;
 - * 4) обладает бактерицидными свойствами;
 - * 5) защищает альвеолы от действия перекисей и окислителей;
 - * 6) облегчает диффузию кислорода из альвеол в кровь;
 - * 7) увеличивает ЖЕЛ;
 - * 8) содержит клетки – макрофаги, участвующие в фагоцитозе.

ОСОБЕННОСТЬ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ЛЕГКИХ

- * **а) из большого круга** кровообращения артериальная кровь по бронхиальным артериям поступает в лёгкие; венозная кровь оттекает по полунепарной и непарной венам, которые впадают в верхнюю полую вену;
- * **б) из малого круга** кровообращения венозная кровь по легочным артериям поступает в легкие, осуществляя газообмен с альвеолярным воздухом; артериальная кровь из легких поступает в сердце по четырем легочным венам.
- * Давление крови в легочных сосудах 20-25/10-15 мм рт. ст.

ЭТАПЫ ДЫХАНИЯ

1. ВНЕШНЕЕ ДЫХАНИЕ, ДВА ЭТАПА:

А) ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЁГКИХ;

Б) ГАЗООБМЕН В ЛЁГКИХ;

2. ТРАНСПОРТ ГАЗОВ КРОВЬЮ;

3. ГАЗООБМЕН МЕЖДУ КРОВЬЮ И
ТКАНЯМИ;

4. ТКАНЕВОЕ ДЫХАНИЕ.

1. ВНЕШНЕЕ ДЫХАНИЕ

А. Вентиляция легких

ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЁГКИХ происходит в результате периодических изменений объема грудной клетки. Основные дыхательные (инспираторные) мышцы - *диафрагма, наружные косые межрёберные и межхрящевые* (поперечнополосатые).

Спокойный вдох начинается смещением вниз верхней части диафрагмы; при этом объём грудной полости увеличивается в вертикальном направлении. Сокращение наружных межрёберных и межхрящевых мышц увеличивает объём грудной полости в сагиттальном и фронтальном направлениях.

При **глубоком вдохе** участвуют вспомогательные *мышцы шеи, груди, спины*.

Спокойный выдох происходит пассивно. Обеспечивают спокойный выдох:

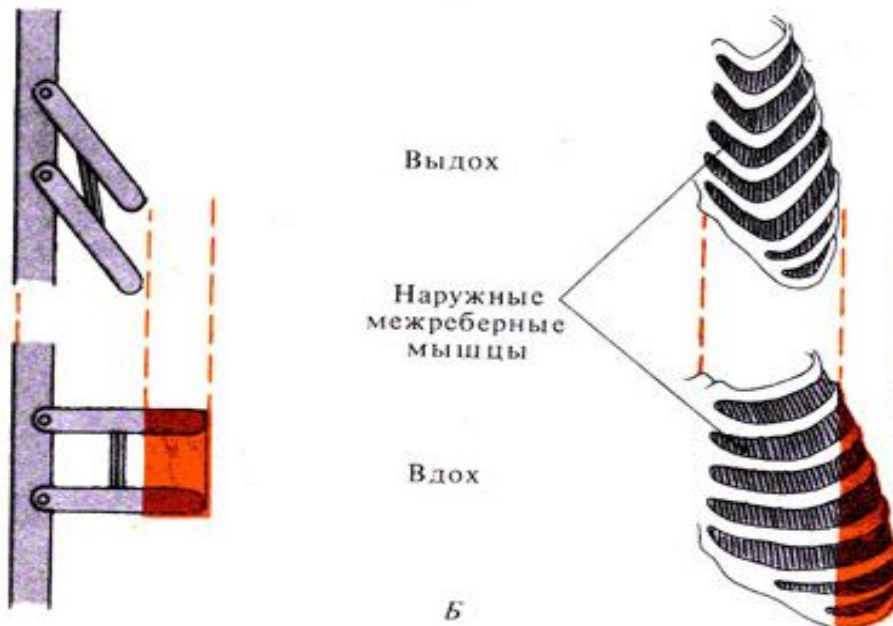
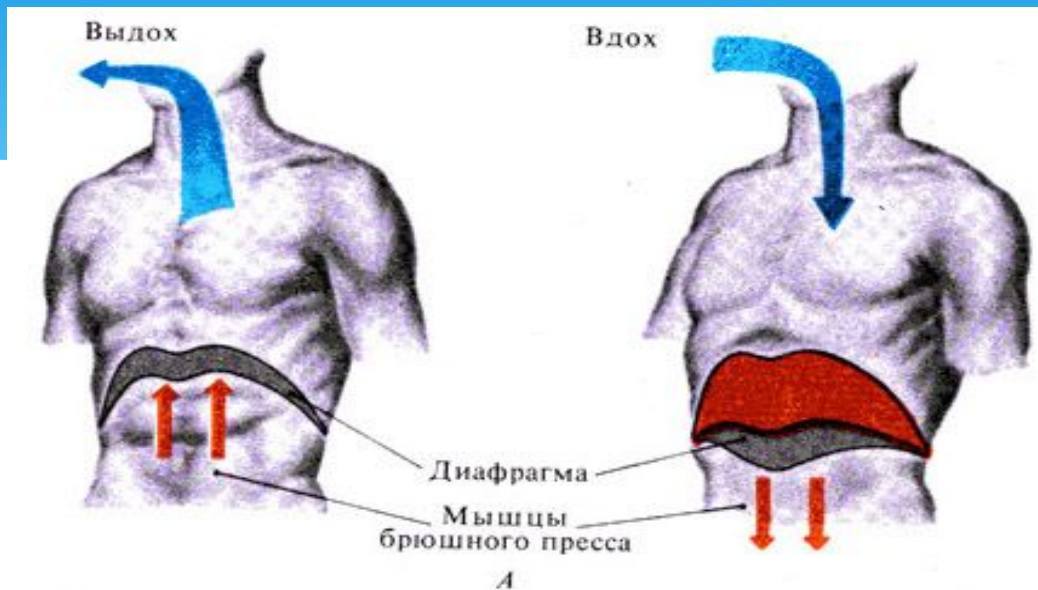
- *масса грудной клетки, которая возвращается к исходному состоянию под действием силы тяжести;*
- *эластическая тяга легких и скрученных во время вдоха реберных хрящей;*
- *давление органов брюшной полости.*

В результате воздух в альвеолах сжимается, его давление становится выше атмосферного, и он выходит наружу.

В **активном выдохе** участвуют *внутренние межреберные мышцы и мышцы живота*.

При попадании в плевральную полость воздуха легкие сжимаются и газообмен прекращается – наступает **пневмоторакс**.

ВНЕШНЕЕ ДЫХАНИЕ



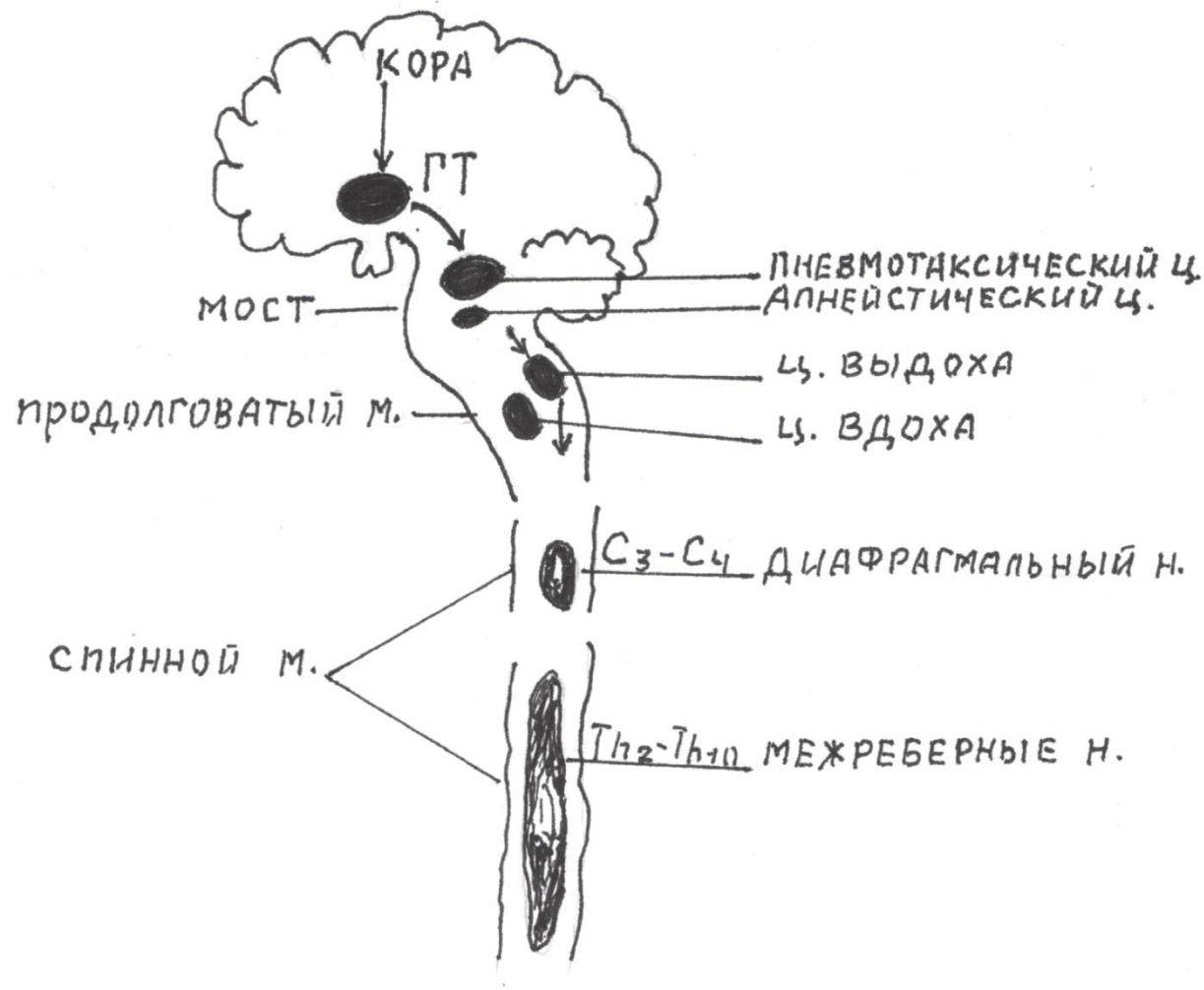
ЛЕГОЧНЫЕ ОБЪЕМЫ И ЕМКОСТИ

- * Измерение легочных объемов называется **спирометрией**, а их регистрация –спирографией.
- * Частота дыхания (ЧД) – 12-18 в минуту.
- * 1. Дыхательный объем (ДО) – 500 мл воздуха за один спокойный вдох или выдох.
- * 2. Резервный объем (РО) вдоха – 1500-2000 мл – максимальное количество воздуха, которое можно вдохнуть после нормального вдоха.
- * 3. РО выдоха – 1500 мл – максимальное количество воздуха, которое можно выдохнуть после спокойного выдоха.
- * 4. Жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ) – 3500-4000 мл – наибольшее количество воздуха, которое можно выдохнуть после максимально глубокого вдоха.
- * 5. Остаточный объем – 1000-1200 мл – объем воздуха в легких после максимального выдоха, он не входит в состав ЖЕЛ.
- * 6. Минутный объем дыхания (МОД) – количество воздуха, поступившее в легкие за 1 минуту. $МОД = ДО \times ЧД$. В покое $МОД = 6-8$ л/мин.
- * Воздух, находящийся в ВП (около 150 мл) (кроме дыхательных бронхиол), не участвует в газообмене. Поэтому эти пути называют анатомически мертвым пространством.
- * 7. Альвеолярная вентиляция = $(ДО - \text{объем мертвого пространства}) \times ЧД$.

ДЫХАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

- * 1) *Продолговатый мозг*: включает **отдел вдоха** (инспираторный) и **отдел выдоха** (экспираторный).
- * 2) *Варолиев мост*: включает центр **пневмотаксиса**, который переключает фазы вдоха и выдоха, и **апнейстический** центр, который увеличивает глубину дыхательных движений.
- * 3) *Спинной мозг* получает импульсы от продолговатого, которые идут к *диафрагме и межрёберным мышцам*.
- * 4) *Гипоталамус* регулирует дыхание при физической работе; осуществляет связь дыхания с обменом веществ и терморегуляцией в организме.
- * 5) *Лимбическая* система связывает дыхание с вегетативной регуляцией органов и с эмоциями.
- * 6) *Кора больших полушарий* регулирует дыхание во время разговора, дублирует автоматию дыхательного центра.

ДЫХАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР



РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ. РЕФЛЕКТОРНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ

- * В дыхательной системе 4 типа рецепторов:
- * а) Рецепторы верхних дыхательных путей расположены в носу, гортани, носоглотке и трахее. Реагируют на механические и химические стимулы, вызывая кашель, чихание и бронхоспазм.
- * б) Ирритантные рецепторы в слизистой гортани, трахеи и бронхов реагируют на пыль, дым, холодный воздух, пары химических веществ. В результате сужаются бронхи, голосовая щель, сосуды кожи и мышц и возникает частое поверхностное дыхание.
- * в) Рецепторы растяжения – механорецепторы - расположены в гладких мышцах трахеи и бронхов. Они реагируют на растяжение легких. С них возникает тормозящий рефлекс Геринга-Брейера: прекращается вдох и начинается выдох.
- * г) Юктакапиллярные рецепторы находятся в капиллярах и интерстиции альвеол и дыхательных бронхов. Они реагируют на застой крови в капиллярах и увеличение жидкости в межклеточном пространстве лёгких, вызывая одышку.

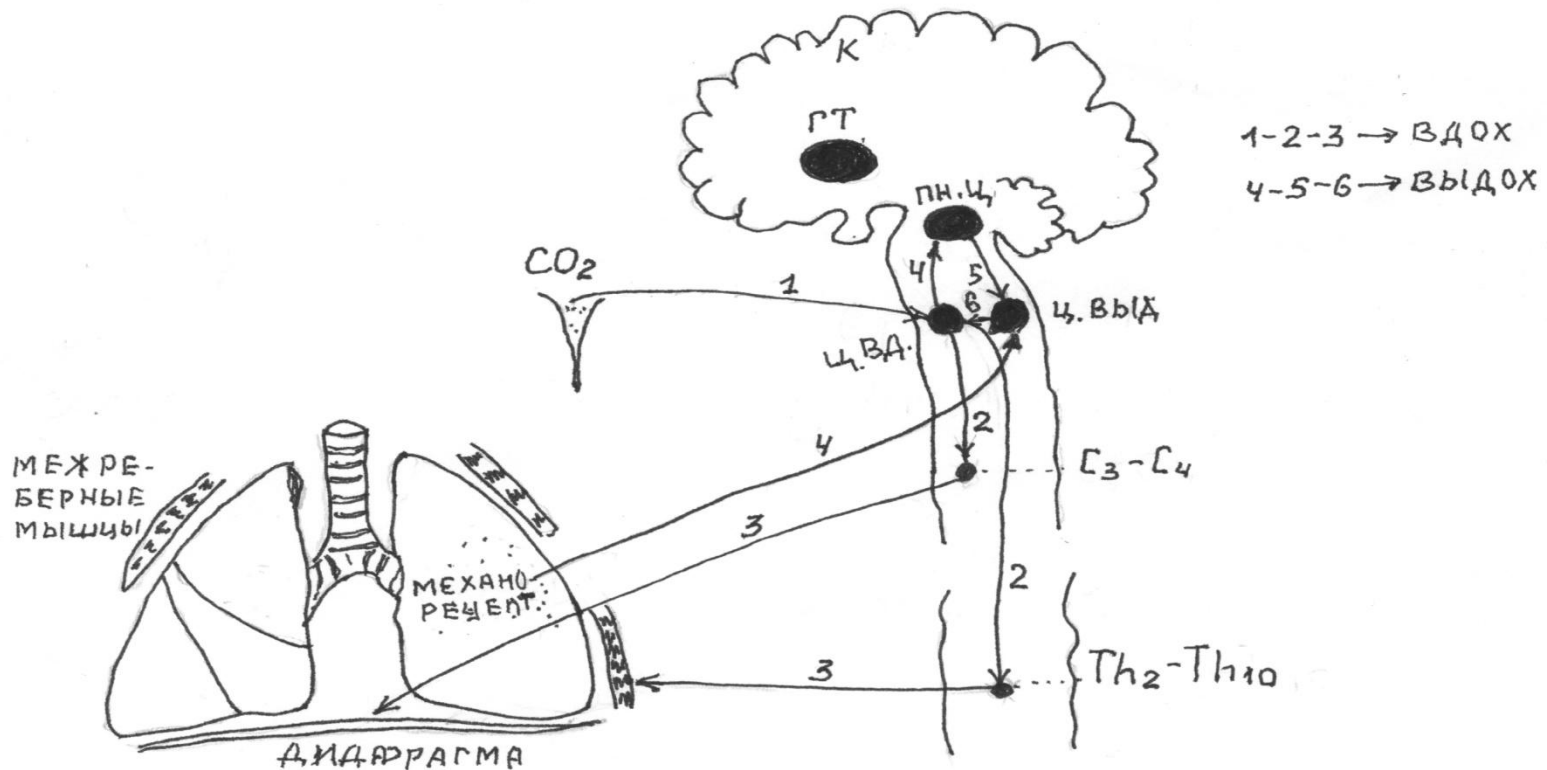
РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ. ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ

- * Газообмен зависит от трех параметров арт. крови: PO_2 , pH и PCO_2 . Стимулируют лёгочную вентиляцию *гипоксемия* (снижение PO_2), *ацидоз* (снижение pH) и *гиперкапния* (повышение PCO_2).
- * Влияние этих параметров опосредуется хеморецепторами:
- * 1) Периферические хеморецепторы: аортальные тельца (в дуге аорты) и каротидные тельца (в каротидном синусе).
- * Эти рецепторы особенно чувствительны при гипоксии.
- * При гипоксии, которой предшествует **гипоксемия, ацидозе и гиперкапнии** импульсы от каротидных телец поступают по н. Геринга (IX, языкоглоточный), а от аортальных телец по н. Циона-Людвига (X, блуждающий) в дыхательный отдел продолговатого мозга. Это приводит к увеличению вентиляции легких.
- * 2) Центральные хеморецепторы располагаются в продолговатом мозге и мосте и очень чувствительны к изменению pH. При снижении pH резко усиливается дыхание. Они реагируют и на изменение PCO_2 , но позже, чем периферические хеморецепторы.

РЕГУЛЯЦИЯ ПРОСВЕТА БРОНХОВ

- * **1. Нервная регуляция.** Просвет бронхов регулирует ВНС:
 - * А) PSS (vagus): - через АХ и вещество Р *суживает* бронхи (к концу выдоха гладкие мышцы бронхов сокращаются);
 - * Б) SS через адреналин надпочечников (β_2 -адренорец.) *расширяет* бронхи (при вдохе гладкие мышцы стенок бронхов расслабляются).
- * **2. Гуморальная регуляция:**
 - * Гистамин (через H_1 рецепторы), серотонин, брадикинин *суживают* бронхи; гистамин (через H_2 рецепторы), глюкокортикоиды, адреналин – *расширяют* бронхи.

МЕХАНИЗМ ЧЕРЕДОВАНИЯ ВДОХА И ВЫДОХА



МЕХАНИЗМ ЧЕРЕДОВАНИЯ ВДОХА И ВЫДОХА.

ВДОХ

- * При действии CO_2 в отделе вдоха продолговатого мозга возникают нервные импульсы. Оттуда они поступают в двигательные нейроны передних рогов C_3 - C_4 и далее по диафрагмальному нерву к диафрагме. Одновременно они поступают в передние рога T_1 - T_6 и далее по межреберным нервам к межреберным и межхрящевым мышцам. Мышцы диафрагмы и межреберные сокращаются, объём грудной клетки увеличивается.
- * Давление в плевральной полости ниже атмосферного на 4 **Hg** и поэтому его называют отрицательным (-).
- * К концу нормального вдоха давление в плевральной полости снижается от (-) 4 **Hg** до (-) 5-7 **Hg**, а при максимальном вдохе до (-) 15 -20 **Hg**.
- * В результате понижения давления воздух в лёгких расширяется, его давление в альвеолах становится ниже атмосферного. Из-за разности между давлением в альвеолах и окружающей среде наружный воздух поступает по ВП в альвеолы. Лёгкие растягиваются и происходит вдох.

МЕХАНИЗМ ЧЕРЕДОВАНИЯ ВДОХА И ВЫДОХА.

ВЫДОХ

- * При растяжении лёгких импульсы от *механорецепторов* альвеол по аффер. волокнам *vagus* поступают в отдел **выдоха** и возбуждают его. Одновременно нервные импульсы из отдела **вдоха** поступают в варолиев мост в центр *пневмотаксиса*, а от него к отделу **выдоха**. В нём возникает возбуждение, и оно тормозит отдел вдоха. Сразу прекращается поток импульсов к дыхательным мышцам.
- * (-) давление в плевральной полости уменьшается. На выдохе оно составляет (-) 2-3 Hg, а при максимальном выдохе равно (-) 1-2 Hg. Объем грудной клетки и лёгких уменьшаются, давление в них становится выше атмосферного, воздух выходит из лёгких – происходит **выдох**.

1Б. ГАЗООБМЕН В ЛЕГКИХ

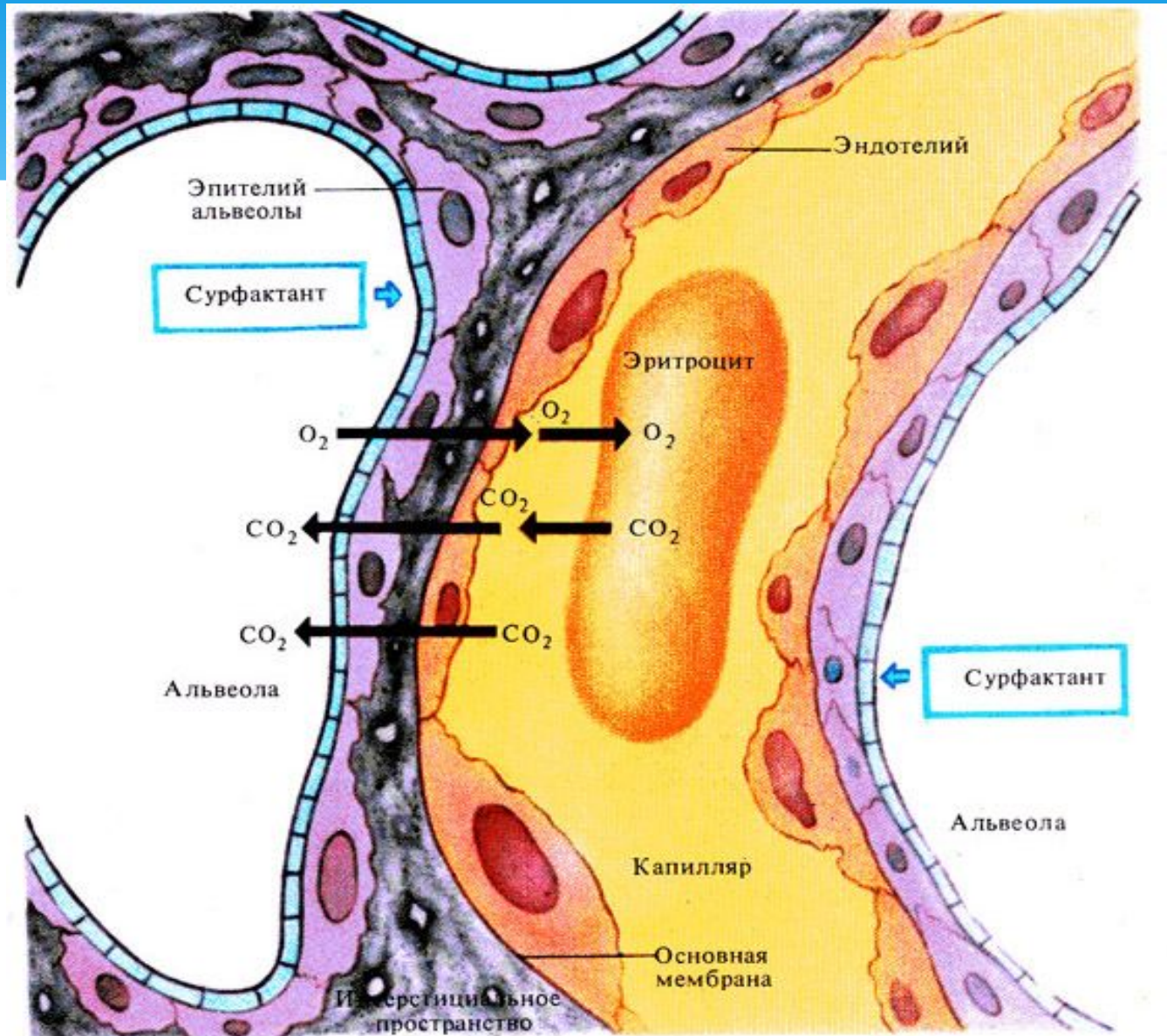
* Содержание газов (%) в воздухе

Газы	Вдыхаемый (атм.) воздух	Выдыхаемый воздух
O ₂	20,93	16,0
CO ₂	0,03	4,5

ГАЗООБМЕН В ЛЕГКИХ. АЭРОГЕМАТИЧЕСКИЙ БАРЬЕР

- * Газообмен в легких совершается через **аэрогематический барьер**, который включает сурфактант, альвеолоцит, интерстиций, эндотелий капилляра.
- * Давление газов в газовой смеси называется парциальным давлением.
- * Давление газов в крови называется их напряжением (Р).
- * Движущей силой газообмена является разность между парциальным давлением O_2 и CO_2 в АГС и напряжением этих газов в крови.
- * В результате **диффузии** O_2 из альвеолярного воздуха поступает в кровь (500 л в сутки), а CO_2 из крови капилляров малого круга в альвеолярный воздух.

ГАЗООБМЕН В ЛЕГКИХ



2. ТРАНСПОРТ ГАЗОВ КРОВЬЮ.

ТРАНСПОРТ O_2

- * 1). **2%** O_2 переносится **плазмой** крови,
- * 2). **98%** O_2 поступает в эритроциты: $O_2 + Hb \rightarrow HbO_2$ (оксигемоглобин).
- * Максимальное количество O_2 , которое может поглотить 100 мл крови, называется кислородной ёмкостью крови. В норме в 1 л артериальной крови содержится 180-200 мл O_2 .
- * В тканях, где концентрация O_2 мала, а концентрация CO_2 увеличена, HbO_2 отдает O_2 клеткам и присоединяет CO_2 . В альвеолах CO_2 выходит в альвеолярный воздух и Hb вновь связывается с O_2 .

2. ТРАНСПОРТ ГАЗОВ КРОВЬЮ.

ТРАНСПОРТ CO₂

* А) ЭРИТРОЦИТАМИ:

- * 1) $\text{CO}_2 + \text{Hb} \rightarrow \underline{\text{HbCO}_2}$ (карбгемоглобин) (5%).
- * 2) $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{карбоангидраза}} \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$. $\text{HCO}_3^- + \text{K}^+ \rightarrow \underline{\text{KHCO}_3}$ (14%).

* Б) ПЛАЗМОЙ:

- * 1) в виде свободного газа CO₂ (4%)
- * 2) в виде угольной кислоты H₂CO₃ (2%),
- * 3) в виде гидрокарбоната натрия NaHCO₃ (33%) :
- * **часть** HCO_3^- выходит из эритроцитов в плазму. На место HCO_3^- в эритроцит из плазмы поступают Cl^- .
- * **В плазме** $\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{NaHCO}_3$.
- * В легких вначале выходит в альвеолы физически растворенный в плазме CO₂, затем CO₂, связанный с **Hb**. O₂ из воздуха поступает в кровь и вступает в реакцию с Hb, образуя HbO₂. HbO₂ как более сильная кислота, чем H₂CO₃ вступает в реакцию с бикарбонатами и вытесняет из них H₂CO₃. В капиллярах легких с помощью карбоангидразы свободная H₂CO₃ расщепляется на CO₂ и H₂O и CO₂ выходит в альвеолярный воздух.

3. ГАЗООБМЕН В ТКАНЯХ

ПАРЦИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ ГАЗОВ В ВОЗДУХЕ И НАПРЯЖЕНИЕ ИХ В КРОВИ

Газ	Атмосферный воздух	Воздух в АГС	Венозная кровь в капиллярах малого круга	Клетки тканей
O ₂	159 Hg→	110 Hg→	40 Hg→	0-1 Hg
CO ₂	0,2-0,3 Hg	←40 Hg	←47 Hg	←60 Hg

ДЫХАНИЕ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

- * **1) Низкое атм. давление:** на высоте 2,5-5 км - гипоксия, усиливается вентиляция легких, увеличивается ЧСС и АД. Часто гипоксия сочетается с гипокапнией (CO_2 удаляется из крови), уменьшается вентиляция легких, результат – **высотная болезнь**: снижение ЧС, АД, потеря сознания.
Адаптация: увеличивается плотность капилляров, количество эритроцитов и концентрация гемоглобина.
- * **2) Высокое атм.давление:** во время водолазных работ; увеличивается количество азота, растворенного в крови. При быстром подъеме азот закупоривает мелкие сосуды и наступает **кессонова** болезнь.
- * **3) Физическая нагрузка:** учащается дыхание, увеличивается глубина дыхательных движений. МОД равен 50-60 л в минуту (в покое 6-8 л). Усиливается работа сердца и ЧСС. Депонированная кровь выходит в кровяное русло и увеличивается количество эритроцитов и гемоглобина; расширяются сосуды мышц и кровь в большем количестве притекает к рабочим органам
- * Дыхание чистым O_2 во время физической работы снижает вентиляцию легких.

НЕГАЗООБМЕННЫЕ ФУНКЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

- **осаждение** примесей, увлажнение, согревание вдыхаемого воздуха в полости носа;
- * - **защитные** рефлексy кашля, чихания;
- * - **депонирование** крови;
- * - **синтез** тромбопластина, гепарина, гистамина, серотонина, простагландинов;
- * - **участие** в жировом обмене — эмульгированные жиры, жирные кислоты и глицериды, попадая через грудной лимфатический проток в венозный кровоток, окисляются липопротеазами легких до CO_2 с выделением энергии;
- * - **легкие** синтезируют фосфолипиды и белки, составляющих основу сурфактанта;
- * - **участие** в водно-солевом обмене: за сутки из легких удаляется до 500 мл воды;
- * - **удаление** ацетона, этанола, эфира, закиси азота и др.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

Гиперкапния - увеличение CO_2 в крови вызывает стимуляцию дыхания (одышка, **гиперпноэ**) (или стимуляция дыхания у новорожденного).

Гипоксемия - пониженное напряжение O_2 в крови. Следствием гипоксемии является гипоксия.

Гипоксия – недостаток O_2 в тканях стимулирует работу сердца, вызывает гипервентиляцию (**гиперпноэ**).

Ацидоз – пониженное pH крови (закисление крови).

Гиперпноэ - наступает при гиперкапнии и снижении pH крови (ацидоз); увеличивается вентиляция лёгких и выводится избыток CO_2 из организма.

Гипокапния – уменьшение CO_2 в крови – угнетение дыхания и его остановка (**апноэ**).

Апноэ - наступает при гипокапнии и повышении pH крови (алкалоз), что приводит к уменьшению вентиляции и остановке дыхания.

Эйпноэ - это нормальное дыхание в состоянии покоя.

Гипероксия – увеличение O_2 в альвеолярном воздухе вызывает торможение дыхательного центра и остановку дыхания – апноэ.

Ацидоз увеличивает вентиляцию легких, **алкалоз**–уменьшает.

Асфиксия - это состояние, при котором гиперкапния и гипоксия существуют одновременно, в результате нарушения проходимости воздухоносных путей.